

Estudo do Efeito do Tempo no Rendimento da Moagem Via Seca

Radamés D. Darolt^{a*}, Cleber Fenili^a, Guilherme C. Nascimento^a, Julio C. Mondardo^a

^aEngenharia de Materiais, Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC,
Campus I, Av. Universitária 1105, Bairro Universitário, CEP 88.806-000 Criciúma - SC, Brasil

*e-mail: radames@eliane.com

Resumo: Em um processo cerâmico o elevado consumo energético no setor de moagem e a baixa produtividade oriunda de um tempo de moagem excessivo interferem diretamente nos custos de produção das empresas. Este estudo busca simular a eficiência da moagem via seca utilizando moinhos excêntricos de laboratório, analisando a distribuição de tamanho de partículas em função do tempo de moagem. Os resultados mostram, como era de se esperar, que tempos excessivos de moagem resultam em aumento dos custos industriais, fato muitas vezes desprezado no setor cerâmico.

Palavras-chave: moagem, distribuição de tamanhos de partículas, difração a laser.

1. Introdução

A distribuição de tamanho e o estado de agregação das partículas, entre outros fatores, determinam as propriedades de um produto cerâmico acabado, como sua porosidade, tamanho de poro, resistência mecânica, textura, e regulam o comportamento da suspensão cerâmica durante o processo de fabricação. As características das partículas são determinadas durante o processo de moagem das matérias-primas. Deste modo, torna-se importante determinar a distribuição de tamanho das partículas das matérias-primas para o controle do processo de fabricação e das propriedades do produto acabado¹.

Na indústria de revestimentos cerâmicos dois processos de moagem destacam-se, o processo de moagem via seca e o de via úmida. O processo de moagem via seca apresenta algumas vantagens como a diminuição de custos energéticos, simplicidade de operação, menor desgaste do equipamento e menor manutenção das instalações. A rentabilidade da moagem a seco é maior quando o sistema é aplicado às massas vermelhas, pois estas necessitam de maior quantidade de água se moídas a úmido, sem contar sua elevada produtividade e a diminuição do impacto ambiental. No entanto, a moagem a seco apresenta alguns limites tecnológicos por não apresentar a finura dos pós obtidos por via úmida, e a agregação das partículas ocorre de maneira diferente, podendo apresentar problemas durante a prensagem em relação ao material atomizado³.

Em um processo de moagem via úmida, para se garantir uma maior homogeneidade da massa usa-se uma composição com diferentes tipos de argilas e minerais rochosos, sendo que a massa é introduzida em um moinho rotativo contínuo ou não e a moagem é efetuada em presença de elementos moedores usando-se água como elemento dispersante. Neste processo a redução de tamanho das partículas é muito mais eficiente e a composição formada é mais uniforme. Em contrapartida, o consumo (e o custo) energético é muito maior que a via seca, pois a água adicionada deve ser eliminada, além dos problemas muito comuns de reologia da suspensão cerâmica².

Desta forma, este estudo busca simular a eficiência da moagem via seca porém utilizando moinhos excêntricos de laboratório, analisando a distribuição de tamanho de partículas em função do tempo de moagem, visto que em um processo cerâmico o elevado consumo energético no setor de moagem e a baixa produtividade oriunda de um tempo de moagem excessivo interferem diretamente nos custos de produção.

Como matéria-prima para o estudo foi utilizada areia de quartzo, por ser um dos minerais mais críticos durante a moagem devida

sua dureza. As areias são conjuntos de partículas ou de pequenos fragmentos de minerais ou rochas, que de acordo com a natureza de seus constituintes possuem diferentes usos como matéria prima para fabricação de vidros ou como moldes na fundição de metais⁴. As partículas de areia provêm principalmente da desagregação de rochas, e às vezes de rupturas; possuem de 0,02 a 2 mm de diâmetro¹. De acordo com o tamanho das partículas dominantes distingue-se a areia “grossa” 2 a 0,5 mm, a areia “média” 0,5 a 0,2 mm e a areia “fina” 0,2 a 0,02 mm.

Sua formação ocorre nas rochas ígneas metamórficas e sedimentares, bem como produto de desagregação das mesmas. Está presente também em areias de praia. O quartzo é um material constituído por aproximadamente 97% de SiO₂, óxido que contribui para a maior parte de uma formulação cerâmica¹.

2. Procedimento Experimental

2.1. Moagem

Para a realização deste trabalho foram utilizados moinhos excêntricos de laboratório, denominados nas indústrias como moinhos tipo “periquito”, feitos de porcelana e com capacidade de 500 mL. Foi utilizada areia (quartzo) peneirada na malha 500 µm. As bolas (elementos moedores) de alumina foram pesadas para uso padrão em todas as moagens, sendo sua massa obtida de (400 ± 5) g. A massa de amostra de areia utilizada foi de 150 g. Os tempos de moagem empregados para o estudo foram de 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60 e 80 minutos.

2.2. Análise de distribuição de tamanhos de partículas

Após as moagens foram analisadas as distribuições de tamanhos de partículas das areias moídas em analisador por difração a laser. A técnica de difração a laser utiliza uma luz monocromática colimada que, ao incidir sobre as partículas, produz fenômenos de dispersão da luz. Esses fenômenos podem ser interpretados com base nas teorias de difração de Fraunhofer e, em alguns casos com base na dispersão MIE. Da mesma forma que a técnica de sedimentação, admite-se a forma esférica das partículas. Para a realização deste trabalho foi utilizado um determinador de tamanho de partícula marca CILAS modelo 1064, com capacidade de determinar diâmetros entre 0,04 a 500 µm. As amostras foram dispersas em água, utilizando-se 60 segundos de ultra-som antes das leituras para evitar aglomerações das partículas⁵.

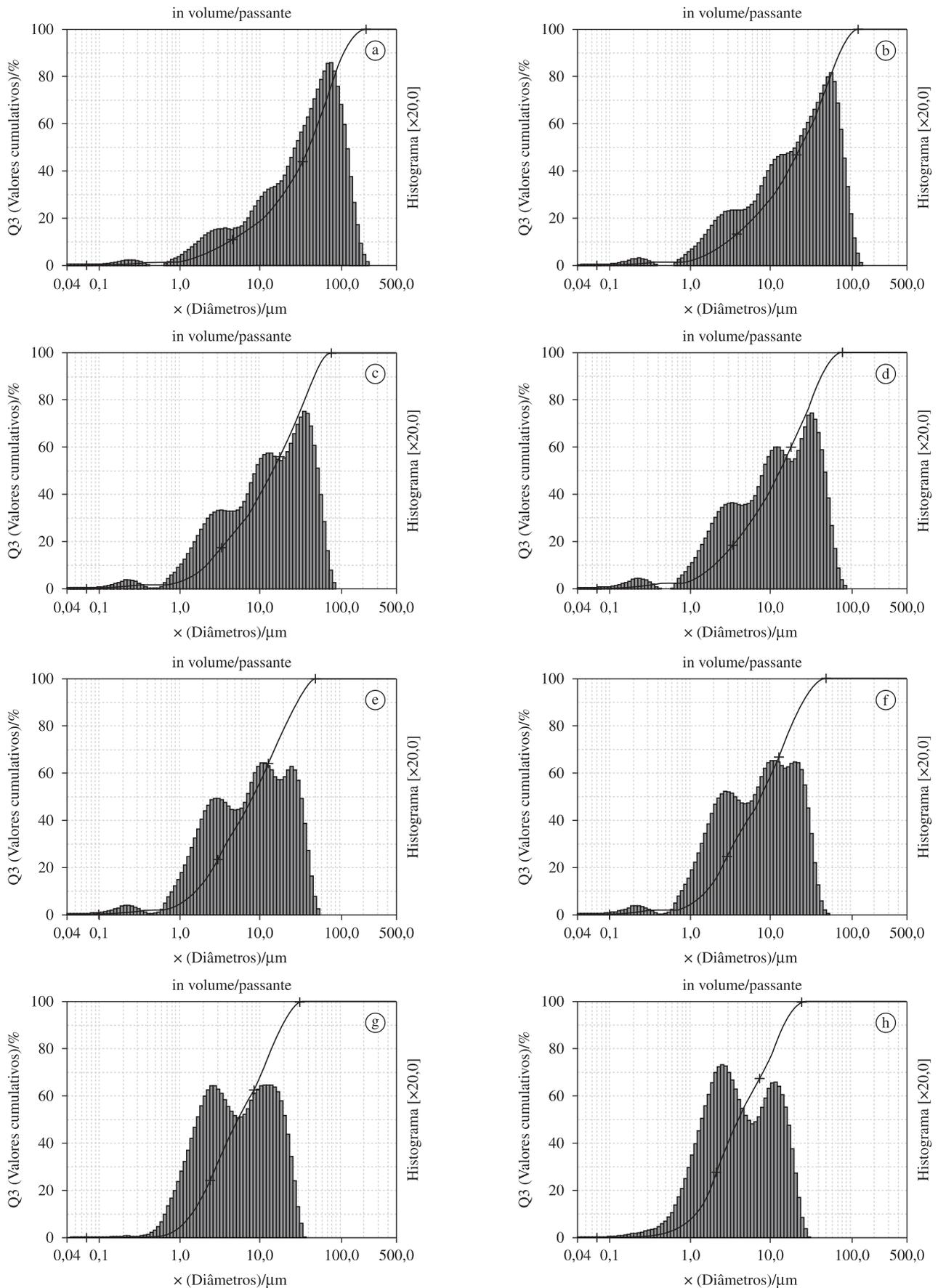


Figura 1. Gráficos de distribuição de tamanhos de partículas após moagem em: a) 5 minutos, b) 10 minutos, c) 15 minutos, d) 20 minutos, e) 30 minutos, f) 40 minutos, g) 60 minutos e h) 80 minutos.

Tabela 1. Tamanhos de partículas.

Tempo de moagem (minutos)	Diâmetro da partícula (µm)			
	D ₁₀	D ₅₀	D ₉₀	D _{médio}
5	4,11	41,35	111,44	50,76
10	2,90	24,56	73,28	32,34
15	2,17	14,56	47,82	20,51
20	2,04	12,95	43,27	18,49
30	1,63	8,51	29,43	12,18
40	1,61	7,84	25,95	10,99
60	1,41	5,44	19,35	8,20
80	1,17	4,01	15,16	6,39

3. Resultados e Discussões

Pela análise das distribuições de tamanhos de partículas, Figura 1, é possível observar claramente o efeito que o tempo de moagem na cominuição das partículas. Percebe-se para o tempo de 5 minutos de moagem que o diâmetro das partículas quase não se altera, apresentando um diâmetro médio de ~51 µm e 90% da distribuição abaixo de ~111 µm, Figura 1a e Tabela 1, sendo que a distribuição é praticamente monomodal. Em 10 e 15 minutos de moagem ocorre uma pequena alteração na distribuição da curva, que se desloca para diâmetros menores, Figuras 1b e 1c. Para os tempos de 20, 30 e 40 minutos de moagem o deslocamento da curva de distribuição para diâmetros cada vez menores é mais acentuado, e percebe-se a tendência da curva para uma distribuição multimodal, Figuras 1d, 1e e 1f.

Com o decorrer do tempo de moagem, as curvas tendem a formar um pico entre 2 e 3 µm, conforme Figuras 1f, 1g e 1h, tendo as características de uma típica curva bimodal. Em 60 e 80 minutos de moagem há o desaparecimento das distribuições onde se localizavam as partículas entre 0,1 e 1,0 µm, Figuras 1g e 1h.

Conforme a Tabela 1, a partir de 30 minutos de moagem percebe-se uma pequena alteração na fração fina do material (D₁₀, o total da distribuição acumulada abaixo de 10%). Nas frações D₅₀ e D₉₀, o material tem uma constante diminuição do seu diâmetro, sendo que com tempos mais altos de moagem a diminuição dos tamanhos existe, porém não tão acentuada comparada com o início da moagem.

O rendimento inicial da moagem é alto em comparação aos tempos mais longos de moagem. No início, o processo de moagem reduz drasticamente o diâmetro médio das partículas, sendo que o processo vai se tornando cada vez menos eficaz até praticamente ter uma mínima variação com o decorrer do tempo, Figura 2. Isto se torna interessante industrialmente, pois nas mesmas condições de moagem, há grande redução na eficiência de moagem se o material for moído a partir de 60 minutos, porém com um maior consumo energético em função do tempo extra de moagem.

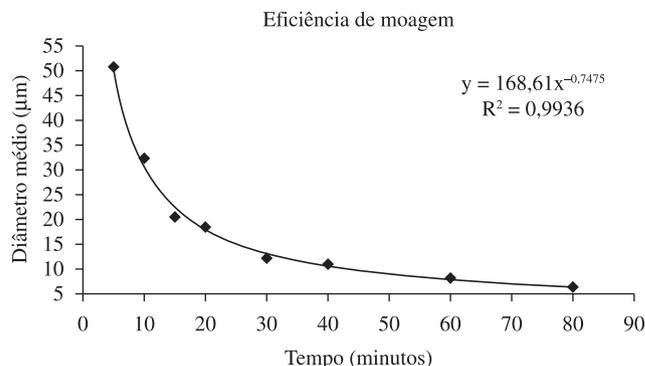


Figura 2. Eficiência de moagem.

4. Conclusão

Verifica-se que o moinho excêntrico é eficiente para moer amostras até dimensões próximas a 2 ou 3 µm, não alterando significativamente a distribuição nem os diâmetros abaixo de 1 µm. Deste modo grandes tempos de moagem tornam-se desnecessários, pois acarretariam uma pequena alteração na curva de distribuição de tamanhos, porém com alto custo energético.

Com o emprego correto desta técnica experimental, podem-se obter dados importantes para redução de custos na rotina industrial, acarretando em uma melhoria contínua no processo de preparação de massa/produto acabado.

Agradecimentos

Aos professores do departamento de engenharia de Materiais por disponibilizar os equipamentos para a realização desta prática e o espaço físico do IPAT. Em especial ao professor Dr. Adriano Michael Bernardin e ao professor Esp. Gilson Bez Fontana Menegali.

Referências

1. BARBA, A. et. al. **Matérias primas para la fabricación de soportes de baldosas cerâmicas**. Castellón: Instituto de Tecnología Cerámica, 2002. 292 p.
2. BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Banco Nacional do Desenvolvimento. **Panorama do Setor de Revestimentos Cerâmicos**: Área Industrial. Brasília, DF. 2006. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/relato/rs_rev_ceramicos.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2009.
3. LOLLI, L.; NASSETTI, G.; MARINO L. F. B. A Preparação a Seco de Massas Cerâmicas. **Cerâmica Industrial**, v. 5, n. 2, p. 23-27. Disponível em: <http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v05n02/v5n2_3.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2009.
4. BRAGANÇA, S. R.; BERGMANN, C. P. Produção de porcelana de ossos e caracterização de suas propriedades técnicas. **Cerâmica**, v. 52, n. 322, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132006000200014&lng=&nrm=iso&tlng=>. Acesso em: 04 dez. 09.
5. PAPINI, C. J. **Estudo comparativo de métodos de determinação do tamanho de partícula**. 130 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2003.